

О ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА ОТВАЛА ПО ПЛАНУ В ИЗОЛИНИЯХ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ

А. И. ВОЛКОВ, П. А. МАРЧЕНКО

(Представлено научным семинаром кафедр маркшейдерского дела и геодезии)

Вопрос о точности определения объема отвалов в настоящее время исследован недостаточно. Изучению этого вопроса были посвящены работы ВНИМИ. В работе [1] приводятся данные о среднеквадратической ошибке определения объема отвалов, которая включает в себя ошибку за счет способа съемки отвала, составления графиков и ошибку способа подсчета объема отвала по графику.

В данной работе рассматривается вопрос о точности различных способов подсчета объема отвала, изображенного в изолиниях. Исследованию подлежали наиболее распространенные способы подсчета: способ объемной палетки, вертикальных и горизонтальных сечений. Так как надежные выводы о точности отдельных способов подсчета могут быть сделаны только на основании массовых определений объемов, к работе были привлечены студенты старших курсов.

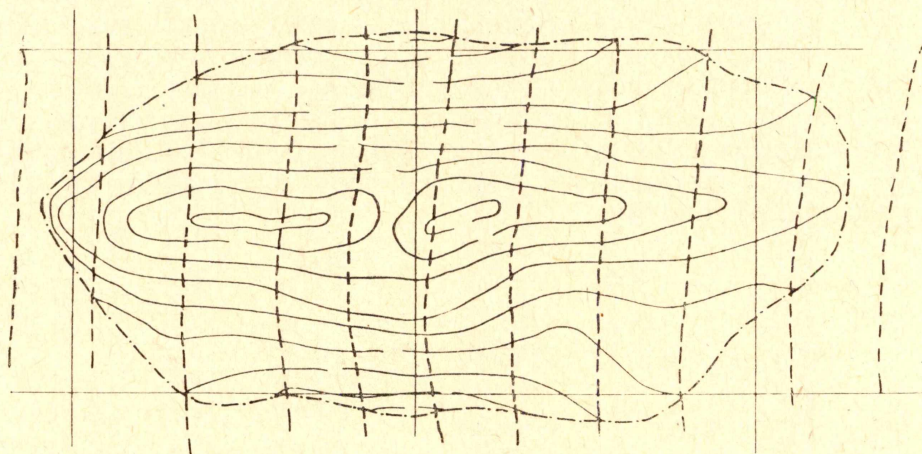


Рис. 1. План отвала угля в горизонталях.

Условные обозначения:

- ~ горизонтالي поверхности отвала,
- горизонтали земной поверхности,
- граница отвала.

Для определения объема были приняты два варианта отвалов, изображенных на плане в горизонталях в масштабе 1:500 (рис. 1). Чтобы увеличить число независимых определений, высота сечения горизонталей в каждом варианте принималась равной 0,2; 0,25; 0,3;

Таблица № 1
для определения A_1 , A_2 , и A_3

Приложение 1

$\frac{A_1}{A_2}$ мм/мм с.с.	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2	0,22	0,24	0,26	0,28	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	$\frac{A_1}{A_2}$ мм/мм с.с.
10	2,13	3,06	4,17	5,45	6,89	8,51	10,3	12,2	14,4	16,7	19,1	26,1	34,0	43,1	53,2	64,3	76,8	89,9	104	120	138	154	172	192	10
12	3,06	4,41	6,00	7,84	9,92	12,2	14,8	17,6	20,7	24,0	27,6	37,5	49,0	62,0	76,6	92,7	110	129	150	160	196	221	248	277	12
14	4,17	6,00	8,17	10,7	13,5	16,7	20,2	24,0	28,2	32,7	37,5	51,5	66,7	84,4	104	126	150	176	204	235	267	301	338	377	14
16	5,45	7,84	10,7	13,9	17,6	21,8	26,4	31,4	36,8	42,7	49,0	66,7	87,1	110	136	165	195	230	267	307	348	393	441	492	16
18	6,89	9,92	13,5	17,6	22,3	27,6	33,4	39,7	46,6	54,0	62,0	84,4	110	140	172	208	248	291	338	388	441	498	558	622	18
20	8,51	12,2	16,7	21,8	27,6	34,0	41,2	49,0	57,5	66,7	76,6	104	136	172	213	257	306	360	417	479	545	615	689	768	20
22	10,3	14,8	20,2	26,4	33,4	41,2	49,8	59,3	69,6	80,7	92,7	126	165	208	257	311	371	435	504	579	659	744	834	930	22
24	12,2	17,6	24,0	31,4	39,7	49,0	59,3	70,6	82,8	96,1	110	150	196	248	306	371	441	518	600	689	784	885	992	1110	24
26	14,4	20,7	28,2	36,8	46,6	57,5	69,6	82,8	97,2	113	129	176	230	291	360	435	518	608	705	809	920	1040	1160	1300	26
28	16,7	24,0	32,7	42,7	54,0	66,7	80,7	96,1	113	131	150	204	267	338	417	504	600	705	817	936	1070	1200	1350	1500	28
30	19,1	27,6	37,5	49,0	62,0	76,6	92,7	110	129	150	172	234	306	388	479	579	689	809	938	1080	1220	1380	1550	1750	30
32	21,8	31,4	42,7	55,8	70,6	87,1	105	125	147	171	196	267	348	441	545	659	784	920	1070	1220	1390	1570	1760	1970	32
34	24,6	35,4	48,2	63,0	79,7	98,4	119	142	166	193	221	301	394	498	615	744	885	1040	1200	1380	1570	1780	1990	2220	34
36	27,6	39,7	54,0	70,6	89,3	110	133	159	186	216	248	338	441	558	689	834	992	1160	1350	1550	1760	1990	2250	2490	36
38	30,7	44,2	60,2	78,6	98,5	123	149	177	208	241	276	376	492	622	768	929	1110	1300	1500	1730	1970	2220	2490	2770	38
40	34,0	49,0	66,7	87,1	110	136	165	196	230	267	306	417	545	689	851	1030	1220	1440	1670	1920	2180	2460	2760	3070	40
42	37,5	54,0	73,6	98,1	122	150	182	216	254	294	338	460	600	760	938	1140	1350	1580	1840	2110	2400	2710	3040	3390	44
44	41,2	59,3	80,7	105	133	165	199	237	278	323	371	504	659	834	1030	1250	1480	1740	2020	2320	2640	2980	3340	3720	44
46	45,0	64,8	88,2	115	146	180	218	259	304	353	405	551	720	912	1120	1360	1620	1900	2210	2530	2880	3250	3650	4060	46
48	49,0	70,6	96,1	126	159	196	237	282	331	384	441	600	784	992	1220	1480	1760	2070	2400	2760	3140	3540	3970	4420	48
50	53,2	76,6	104	136	172	213	257	306	360	417	479	652	851	1080	1330	1610	1920	2250	2610	2990	3400	3840	4310	4800	50
52	57,5	82,8	113	147	186	230	278	331	389	451	518	705	920	1160	1440	1740	2070	2430	2820	3240	3680	4156	4660	5190	52
54	62,0	89,3	122	159	201	248	300	357	419	486	558	760	992	1260	1550	1860	2230	2620	3040	3490	3970	4482	5020	5600	54
56	66,7	96,1	131	171	216	267	323	384	451	523	600	817	1070	1350	1670	2020	2400	2820	3270	3750	4270	4820	5400	6020	56
58	71,6	103	140	183	232	286	346	412	484	561	644	877	1140	1450	1790	2160	2580	3020	3510	4020	4580	5170	5800	6460	58
60	76,6	110	150	196	248	306	371	441	518	600	689	938	1220	1550	1920	2320	2760	3240	3750	4310	4900	5530	6200	6910	60
62	81,8	118	160	209	265	327	396	471	553	641	736	1000	1310	1660	2040	2470	2940	3460	4010	4600	5230	5910	6620	7360	62
64	87,1	126	171	223	282	348	422	502	589	683	784	1070	1390	1760	2180	2660	3140	3680	4270	4900	5580	6300	7060	7860	64
66	92,7	133	182	237	300	371	448	534	626	726	834	1140	1480	1880	2320	2800	3340	3920	4540	5210	5930	6700	7510	8360	66
68	98,4	142	193	252	319	393	476	567	665	771	885	1200	1570	1990	2460	2980	3540	4160	4820	5530	6300	7100	7970	8880	68
70	104	150	204	267	338	417	504	600	705	817	938	1280	1670	2110	2610	3150	3750	4400	5110	5860	6670	7530	8440	9410	70
72	110	159	216	282	357	441	534	635	746	865	992	1350	1760	2230	2780	3340	3970	4680	5400	6200	7060	7970	8930	9950	72
74	116	168	228	298	377	466	564	671	788	913	1050	1430	1860	2360	2910	3520	4190	4920	5710	6550	7460	8420	9440	10500	74
76	123	177	241	315	398	492	595	708	831	963	1110	1500	1970	2490	3070	3720	4420	5190	6020	6910	7860	8880	9950	11100	76
78	129	186	254	331	419	518	626	745	875	1020	1160	1580	2070	2620	3240	3920	4660	5470	6340	7280	8280	9350	10500	11700	78
80	136	196	267	348	441	545	659	784	920	1070	1220	1670	2180	2760	3400	4120	4900	5750	6670	7660	8710	9840	11000	12300	80
82	143	206	280	366	463	572	692	824	967	1120	1290	1750	2290	2900	3580	4330	5070	6040	7010	8050	9150	10300	11600	12900	82
84	150	216	294	384	486	600	726	866	1020	1180	1350	1840	2400	3040	3750	4540	5400	6340	7360	8440	9610	10800	12200	13600	84
86	157	227	308	403	510	629	762	906	1060	1230	1420	1930	2520	3190	3930	4760	5680	6650	7710	8850	10100	11400	12700	14200	86
88	165	237	323	422	534	659	797	949	1110	1290	1480	2020	2640	3340	4120	4980	5930	6960	8070	9270	10500	11900	13300	14900	88
90	172	248	338	441	558	689	834	992	1160	1350	1550	2110	2760	3490	4310	5210	6200	7280	8440	9690	11000	12400	14000	15600	90
92	180	259	353	461	583	720	870	1040	1220	1410	1620	2210	2880	3650	4500	5450	6480	7610	8820	10100	11500	13000	14600	16200	92
94	188	271	368	480	609	752	910	1080	1270	1470	1690	2300	3010	3810	4700	5690	6770	7940	9210	10600	12000	13600	15200	17000	94
96	196	282	384	502	635	784	949	1130	1320	1540	1780	2400	3140	3970	4900	5930	7060	8280	9610	11000	12500	14200	15900	17700	96
98	204	294	400	523	662	817	989	1180	1380	1600	1840	2500	3270	4140	5110	6180	7360	8630	10000	11500	13100	14800	16500	18400	98
100	213	306	417	545	689	851	1030	1230	1440	1670	1910	2610	3400	4310	5320	6430	7660	8990	10400	12000	13600	15400	17200	19200	100
$\frac{A_2}{A_1}$ мм/мм с.с.	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2	0,22	0,24	0,26	0,28	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	$\frac{A_2}{A_1}$ мм/мм с.с.

Т а б л и ц а № 2
для определения величины „ $\alpha^2 \beta^2$ “

$\frac{\alpha_m}{\alpha_n}$	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	$\frac{\alpha_m}{\alpha_n}$
10	1,00	1,44	1,96	2,56	3,24	4,0	4,84	5,76	6,76	7,84	9,00	10,2	11,6	13,0	14,4	16,0	17,6	19,4	21,2	23,0	25,0	27,0	29,2	31,4	10
12	1,44	2,07	2,82	3,69	4,67	5,76	6,97	8,29	9,73	11,3	13,0	14,7	16,6	18,7	20,8	23,0	25,4	27,9	30,5	33,2	36,0	38,9	42,0	45,2	12
14	1,96	2,82	3,84	5,02	6,35	7,84	9,49	11,3	13,2	15,4	17,6	20,1	22,7	25,4	28,3	31,4	34,6	37,9	41,5	45,2	49,0	53,0	56,2	61,5	14
16	2,56	3,69	5,02	6,55	8,30	10,2	12,4	14,8	17,3	20,1	23,0	26,2	29,6	33,2	37,0	41,0	45,2	49,6	54,2	59,0	64,0	69,2	74,6	80,3	16
18	3,24	4,67	6,35	8,30	10,5	13,0	15,7	18,7	21,9	25,4	29,2	33,2	37,4	42,0	46,8	51,8	57,8	64,0	70,6	77,4	84,6	92,2	100	108	18
20	4,0	5,76	7,84	10,2	13,0	16,0	19,4	23,1	27,0	31,4	36,0	41,0	46,2	51,8	57,8	64,0	70,6	77,4	84,6	92,2	100	108	119	129	20
22	4,84	6,97	9,49	12,4	15,7	19,4	23,4	27,9	32,7	38,0	43,6	49,6	56,0	62,7	69,9	77,4	85,4	93,7	102	112	121	131	141	152	22
24	5,76	8,29	11,3	14,8	18,7	23,1	27,9	33,2	38,9	45,2	51,8	59,0	66,6	74,6	83,2	92,2	102	112	122	133	144	156	168	181	24
26	6,76	9,73	13,2	17,3	21,9	27,0	32,7	38,9	45,7	53,0	60,8	69,2	78,1	87,6	97,6	108	119	131	143	156	169	183	197	212	26
28	7,84	11,3	15,4	20,1	25,4	31,4	38,0	45,2	53,0	61,5	70,6	80,3	90,6	102	113	125	138	152	166	181	196	212	229	246	28
30	9,0	13,0	17,6	23,0	29,2	36,0	43,6	51,8	60,8	70,6	81,0	92,2	104	117	130	144	159	174	190	207	225	243	262	282	30
32	10,2	14,7	20,1	26,2	33,2	41,0	49,6	59,0	69,2	80,3	92,2	105	118	133	148	164	181	198	217	236	256	277	299	321	32
34	11,6	16,6	22,7	29,6	37,4	46,2	56,0	66,6	78,1	90,6	104	118	134	150	167	185	204	224	245	266	289	313	337	363	34
36	13,0	18,7	25,4	33,2	42,0	51,8	62,7	74,6	87,6	102	117	133	150	168	187	207	229	251	274	299	324	350	378	406	36
38	14,4	20,8	28,3	37,0	46,8	57,8	69,9	83,2	97,6	113	130	148	167	187	209	231	255	280	306	333	361	390	421	453	38
40	16,0	23,0	31,4	41,0	51,8	64,0	77,4	92,2	108	125	144	164	185	207	231	256	282	310	339	369	400	433	467	502	40
42	17,6	25,4	34,6	45,2	57,2	70,6	85,4	102	119	138	159	181	204	229	255	282	311	342	373	406	441	477	514	553	42
44	19,4	27,9	37,9	49,6	62,7	77,4	93,7	112	131	152	174	198	224	251	280	310	342	375	410	446	484	523	565	607	44
46	21,2	30,5	41,5	54,2	68,6	84,6	102	122	143	166	190	217	245	274	306	339	373	410	448	488	529	572	617	664	46
48	23,0	33,2	45,2	59,7	74,6	92,2	112	133	156	181	207	236	266	299	333	369	406	446	488	531	576	623	672	723	48
50	25,0	36,0	49,0	64,0	81,0	100	121	144	169	196	225	256	289	324	361	400	441	484	529	576	625	676	729	784	50
52	27,0	38,9	53,0	69,2	87,6	109	131	156	183	212	243	277	313	350	390	433	477	523	572	623	676	731	788	848	52
54	29,2	42,0	56,2	74,6	94,5	119	141	168	197	229	262	299	337	378	421	467	514	565	617	672	729	788	850	914	54
56	31,4	45,2	61,5	80,3	102	138	152	181	212	246	282	321	363	406	453	502	553	607	664	723	784	848	914	983	56
58	33,6	48,4	65,9	86,1	109	148	163	194	227	264	303	344	389	436	486	538	593	651	712	775	841	910	981	1060	58
60	36,0	51,8	70,6	92,2	117	159	174	207	243	282	324	369	416	467	520	576	635	697	762	829	900	973	1050	1130	60
62	38,4	55,4	75,3	98,4	125	170	186	221	260	301	346	394	444	498	553	615	678	744	813	886	961	1040	1120	1200	62
64	41,0	59,0	80,3	105	133	181	198	236	277	321	369	419	473	531	591	655	723	793	867	944	1020	1110	1190	1280	64
66	43,6	62,7	85,4	112	141	174	211	251	294	342	392	446	504	565	629	697	768	843	922	1000	1090	1180	1270	1370	66
68	46,2	66,6	90,6	118	150	185	224	266	313	363	416	473	535	599	668	740	816	895	978	1060	1160	1250	1350	1450	68
70	49,0	70,6	96,0	125	159	196	237	282	331	384	441	502	566	635	708	784	864	949	1040	1130	1220	1320	1430	1540	70
72	51,8	74,6	102	133	168	207	251	299	350	406	467	531	599	672	749	829	914	1000	1100	1190	1300	1400	1510	1630	72
74	54,8	78,9	107	140	177	219	265	315	370	429	493	561	633	710	791	876	966	1060	1160	1260	1370	1480	1600	1720	74
76	57,8	83,2	113	148	187	231	280	333	390	453	520	591	668	749	834	924	1020	1120	1220	1330	1440	1560	1680	1810	76
78	60,8	87,6	119	156	197	243	294	350	411	477	548	623	703	788	879	973	1070	1180	1290	1410	1520	1640	1770	1910	78
80	64,0	92,2	125	164	207	256	310	369	433	502	576	655	740	829	924	1020	1130	1240	1350	1480	1600	1730	1870	2010	80
82	67,2	96,8	132	172	218	269	325	387	455	527	605	689	777	871	971	1080	1190	1300	1420	1550	1680	1820	1960	2110	82
84	70,6	102	138	181	229	282	342	406	477	553	635	722	816	914	1020	1130	1240	1370	1490	1630	1760	1910	2060	2210	84
86	74,0	106	144	189	240	296	358	426	500	580	666	757	855	958	1070	1180	1300	1430	1560	1700	1850	2000	2160	2320	86
88	77,4	112	152	198	251	310	375	446	524	607	697	793	895	1000	1120	1240	1370	1500	1640	1780	1940	2090	2260	2430	88
90	81,0	117	159	207	262	324	392	467	548	635	729	829	936	1050	1170	1300	1430	1570	1710	1870	2020	2190	2360	2540	90
92	84,6	122	166	217	274	339	410	488	572	664	762	867	978	1100	1220	1350	1490	1640	1790	1950	2120	2290	2470	2650	92
94	88,4	127	173	226	286	353	428	509	597	693	795	905	1020	1140	1280	1410	1560	1710	1870	2040	2210	2390	2580	2770	94
96	92,2	133	181	236	299	369	446	531	623	722	829	944	1060	1190	1330	1480	1630	1780	1950	2120	2300	2490	2690	2890	96
98	96,0	138	188	246	311	384	465	553	649	753	864	983	1110	1240	1390	1540	1690	1860	2030	2210	2400	2600	2800	3100	98
100	100	144	196	256	324	400	484	576	676	784	900	1020	1160	1300	1440	1600	1760	1940	2120	2300	2500	2700	2920	3140	100
$\frac{\alpha_m}{\alpha_n}$	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	$\frac{\alpha_m}{\alpha_n}$

$\frac{\alpha_m}{\alpha_n}$	58	60	62	64	66	68	70
10	33,6	36,0	38,4	41,6	43,6	46,2	49,0
12	48,4	51,8	55,4	59,0	62,7	66,6	70,6
14	65,9	70,6	75,3	80,3	85,4	90,6	96,0
16	86,1	92,2	98,4	105	112	118	125
18	109	117	125	133	141	150	159
20	148	159	170	181	174	185	196
22	163	174	186	198	211	224	237
24	194	207	221	236	251	266	282
26	227	243	260	277	294	313	331
28	264	282	301	321	342	363	384
30	303	324	346	369	392	416	441
32	344	369	394	419	446	473	502
34	389	416	444	473	504	535	566
36	436	467	498	531	565	599	635
38	486	520	555	591	629	668	708
40	538	576	615	655	697	740	784
42	593	635	678	723	768	816	864
44	651	697	744	793	843	895	949
46	712	762	813	867	922	978	1040
48	775	829	886	944	1000	1060	1130
50	841	900	965	1020	1090	1160	1220
52	910	973	1040	1110	1180	1250	1320
54	981	1050	1120	1190	1270	1350	1430
56	1060	1130	1200	1280	1370	1450	1540
58	1130	1210	1290	1380	1460	1560	1650
60	1210	1300	1380	1480	1570	1660	1760
62	1290	1380	1480	1580	1670	1780	1880
64	1380	1480	1580	1680	1780	1890	2010
66	1460	1570	1670	1780	1900	2010	2130
68	1560	1660	1780	1890	2010	2140	2270
70	1650	1760	1880	2010	2130	2270	2400
72	1740	1870	1990	2120	2260	2400	2540
74	1840	1970	2100	2240	2380	2530	2680
76	1940	2080	2220	2370	2520	2670	2830
78	2050	2190	2340	2490	2650	2810	2980
80	2150	2300	2460	2620	2790	2960	3140
82	2260	2420	2580	2750	2930	3110	3300
84	2370	2540	2710	2890	3070	3260	3460
86	2490	2660	2840	3030	3220	3420	3620
88	2600	2790	2980	3170	3370	3580	3800
90	2720	2920	3120	3320	3530	3740	3970
92	2850	3050	3250	3470	3690	3910	4150
94	2970	3180	3400	3620	3850	4090	4350
96	3100	3320	3550	3780	4010	4260	4520
98	3250	3460	3690	3930	4170	4440	4710
100	3360	3600	3840	4100	4360	4620	4900
$\frac{\alpha_m}{\alpha_n}$	58	60	62	64	66	68	70

Т а б л и ц а № 2
для определения величины $\alpha^2 \beta^2$

Приложение 2

$\frac{\delta_m}{\alpha_m}$	50	52	54	56	$\frac{\delta_m}{\alpha_m}$
10	25,0	27,0	29,2	31,4	10
12	36,0	38,9	42,0	45,2	12
14	49,0	53,0	56,2	61,5	14
16	64,0	69,2	74,6	80,3	16
18	81,0	87,6	94,5	102	18
20	100	119	129	138	20
22	121	131	141	152	22
24	144	156	168	181	24
26	169	183	197	212	26
28	196	212	229	246	28
30	225	243	262	282	30
32	256	277	299	321	32
34	289	313	337	363	34
36	324	350	378	406	36
38	361	390	421	453	38
40	400	433	467	502	40
42	441	477	514	553	42
44	484	523	565	607	44
46	529	572	617	664	46
48	576	623	672	723	48
50	625	676	729	784	50
52	676	731	788	848	52
54	729	788	850	914	54
56	784	848	914	983	56
58	841	910	981	1060	58
60	900	973	1050	1130	60
62	961	1040	1120	1200	62
64	1020	1110	1190	1280	64
66	1090	1180	1270	1370	66
68	1160	1250	1350	1450	68
70	1120	1320	1430	1540	70
72	1330	1400	1510	1630	72
74	1370	1480	1600	1720	74
76	1440	1560	1680	1810	76
78	1520	1640	1770	1910	78
80	1600	1730	1870	2010	80
82	1680	1820	1960	2110	82
84	1760	1910	2060	2210	84
86	1850	2000	2160	2320	86
88	1940	2090	2260	2430	88
90	2020	2190	2360	2540	90
92	2120	2290	2470	2650	92
94	2210	2390	2580	2770	94
96	2300	2490	2690	2890	96
98	2400	2600	2800	3100	98
100	2500	2700	2920	3140	100
$\frac{\delta_m}{\alpha_m}$	50	52	54	56	$\frac{\delta_m}{\alpha_m}$

$\frac{\delta_m}{\alpha_m}$	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	$\frac{\delta_m}{\alpha_m}$
10	33,6	36,0	38,4	41,6	43,6	46,2	49,0	51,8	54,8	57,8	60,8	64,0	67,2	70,6	74,0	77,4	81,6	84,6	88,4	92,2	96,0	100	10
12	48,4	51,8	55,4	59,0	62,7	66,6	70,6	74,6	78,9	83,2	87,6	92,2	96,8	102	106	112	117	122	127	133	138	144	12
14	65,9	70,6	75,3	80,3	85,4	90,6	96,0	102	107	113	119	125	132	138	144	152	159	166	173	181	188	196	14
16	86,1	92,2	98,4	105	112	118	125	133	140	148	156	164	172	181	189	198	207	217	226	236	246	256	16
18	109	117	125	133	141	150	159	168	177	187	197	207	218	229	240	251	262	274	286	299	311	324	18
20	148	159	170	181	174	185	196	207	219	231	243	256	269	282	296	310	324	339	353	369	384	400	20
22	163	174	186	198	211	224	237	251	265	280	294	310	325	342	358	375	392	410	428	446	465	484	22
24	194	207	221	236	251	266	282	299	315	333	350	369	387	406	426	446	467	488	509	531	553	576	24
26	227	243	260	277	294	313	331	350	370	390	411	433	455	477	500	524	548	572	597	623	649	676	26
28	264	282	301	321	342	363	384	406	429	453	477	502	527	553	580	607	635	664	693	722	753	784	28
30	303	324	346	369	392	416	441	467	493	520	548	576	605	635	660	697	729	762	795	829	864	900	30
32	344	369	394	419	446	473	502	531	561	591	623	655	689	722	757	793	829	867	905	944	983	1020	32
34	389	416	444	473	504	535	566	599	633	668	707	740	777	816	855	895	936	978	1020	1060	1110	1160	34
36	436	467	498	531	565	599	635	672	710	749	788	829	871	914	958	1000	1050	1100	1140	1190	1240	1300	36
38	486	520	555	591	629	668	708	749	791	834	879	924	971	1020	1070	1120	1170	1220	1280	1330	1390	1440	38
40	538	576	615	655	697	740	784	829	876	924	973	1020	1080	1130	1180	1240	1300	1350	1410	1480	1540	1600	40
42	593	635	678	723	768	816	864	914	966	1020	1070	1130	1190	1240	1300	1370	1430	1490	1560	1630	1690	1760	42
44	651	697	744	793	843	895	949	1000	1060	1120	1180	1240	1300	1370	1430	1500	1570	1640	1710	1780	1860	1940	44
46	712	762	813	867	922	978	1040	1100	1160	1220	1290	1350	1420	1490	1560	1640	1710	1790	1870	1950	2030	2120	46
48	775	829	886	944	1000	1060	1130	1190	1260	1330	1400	1480	1550	1630	1700	1780	1870	1950	2040	2120	2210	2300	48
50	841	900	965	1020	1090	1160	1220	1300	1370	1440	1520	1600	1680	1760	1850	1940	2020	2120	2210	2300	2400	2500	50
52	910	973	1040	1110	1180	1250	1320	1400	1480	1560	1640	1730	1820	1910	2000	2090	2190	2290	2390	2490	2600	2700	52
54	981	1050	1120	1190	1270	1350	1430	1510	1600	1680	1770	1870	1960	2060	2160	2260	2360	2470	2580	2690	2800	2920	54
56	1060	1130	1200	1280	1370	1450	1530	1620	1710	1810	1910	2010	2110	2210	2320	2430	2540	2650	2770	2890	3010	3140	56
58	1130	1210	1290	1380	1460	1560	1650	1740	1840	1940	2050	2150	2260	2370	2490	2600	2720	2850	2970	3100	3230	3360	58
60	1210	1300	1380	1480	1570	1660	1760	1870	1970	2080	2190	2300	2420	2540	2660	2790	2920	3050	3180	3320	3460	3600	60
62	1290	1380	1480	1580	1670	1780	1880	1990	2100	2220	2340	2460	2580	2710	2840	2980	3120	3250	3400	3550	3690	3840	62
64	1380	1480	1580	1680	1780	1890	2010	2120	2240	2370	2490	2620	2750	2890	3030	3170	3320	3470	3620	3780	3930	4100	64
66	1460	1570	1670	1780	1900	2010	2130	2260	2380	2520	2650	2790	2930	3070	3220	3370	3530	3690	3850	4010	4170	4360	66
68	1560	1660	1780	1890	2010	2140	2270	2400	2530	2670	2810	2960	3110	3260	3420	3580	3740	3910	4090	4260	4440	4620	68
70	1650	1760	1880	2010	2130	2270	2400	2540	2680	2830	2980	3140	3300	3460	3620	3800	3970	4150	4330	4520	4710	4900	70
72	1740	1870	1990	2120	2260	2400	2540	2690	2840	2990	3150	3320	3490	3660	3830	4010	4200	4390	4580	4780	4980	5180	72
74	1840	1970	2100	2240	2380	2530	2680	2840	3000	3160	3330	3500	3680	3860	4050	4240	4440	4640	4840	5050	5260	5480	74
76	1940	2080	2220	2370	2520	2670	2830	2990	3160	3340	3510	3700	3880	4080	4270	4470	4680	4890	5100	5320	5550	5780	76
78	2050	2190	2340	2490	2650	2810	2980	3150	3330	3510	3700	3890	4090	4290	4500	4710	4930	5150	5380	5610	5840	6080	78
80	2150	2300	2460	2620	2790	2960	3140	3320	3500	3700	3890	4100	4300	4520	4730	4960	5180	5420	5660	5900	6150	6400	80
82	2260	2420	2580	2750	2930	3110	3300	3490	3680	3880	4090	4300	4520	4740	4970	5210	5450	5690	5940	6200	6460	6720	82
84	2370	2540	2710	2890	3070	3260	3460	3660	3860	4080	4290	4520	4740	4980	5220	5470	5730	5990	6260	6540	6820	7100	84
86	2490	2660	2840	3030	3220	3420	3620	3830	4050	4270	4500	4730	4970	5220	5470	5730	5990	6260	6540	6820	7100	7400	86
88	2600	2790	2980	3170	3370	3580	3800	4010	4240	4470	4710	4960	5210	5460	5730	6000	6270	6560	6840	7140	7440	7740	88
90	2720	2920	3120	3320	3530	3740	3970	4200	4440	4680	4930	5180	5450	5720	5990	6270	6560	6860	7160	7460	7780	8100	90
92	2850	3050	3250	3470	3690	3910	4150	4390	4640	4890	5150	5420	5690	5970	6260	6560	6860	7160	7480	7810	8130	8460	92
94	2970	3180	3400	3620	3850	4090	4330	4580	4840	5100	5360	5660	5940	6240	6540	6840	7160	7480	7810	8140	8390	8840	94
96	3100	3320	3550	3780	4010	4260	4520	4780	5050	5320	5610	5900	6200	6500	6820	7140	7460	7810	8140	8490	8850	9220	96
98	3230	3460	3690	3930	4170	4440	4710	4980	5260	5550	5840	6150	6460	6780	7100	7440	7780	8130	8390	8850	9220	9600	98
100	3360	3600	3840	4100	4360	4620	4900	5180	5480	5780	6080	6400	6720	7060	7400	7740	8100	8460	8840	9220	9600	10000	100
$\frac{\delta_m}{\alpha_m}$	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	$\frac{\delta_m}{\alpha_m}$

0,4; 0,5; 1,0 м. Ввиду того, что в плане отвалы подвариантов были общими и отличались только высотой сечения, то истинные объемы отвалов в подвариантах отличались друг от друга на определенную величину, пропорциональную отношению сечений горизонталей. Это дало возможность при обработке экспериментального материала привести все значения объемов к единому сечению по каждому варианту. Общее число определений объемов различными способами составило 336, из них: I вариант — 165, II вариант — 171. Для обоих вариантов по каждому из способов были определены средние значения объемов (табл. 1).

Таблица 1

№№ вариантов	Способ определения объема	Число определений	Среднее значение объема м ³
I	Палеткой	107	6413
	Вертикальными сечениями	29	6422
	Горизонтальными сечениями	29	6459
	Среднее	165	6422
II	Палеткой	109	5051
	Вертикальными сечениями	31	5102
	Горизонтальными сечениями	31	5110
	Среднее	171	5071

При определении объемов палеткой сторона квадрата последней принималась равной 1 см, при определении объемов способом вертикальных сечений, расстояния между сечениями принимались равными 2 см. При дальнейшей обработке материала, за наиболее вероятное значение был принят объем, определенный палеткой, ввиду того, что количество определений палеткой превышает число определений другими способами в несколько раз и что при большом числе наложений палетки, общая густота точек определения мощностей была исключительно велика, что позволило достаточно точно учесть характер изменения мощности отвала. По отклонениям от наиболее вероятного значения (от способа палетки) были определены погрешности одного определения и средних значений (табл. 2).

Таблица 2

№№ вариантов	Способ определения объема	Значение погрешности				
		одного определения		среднее из определений		среднее из 2-х определ.
		абсолютн., %		абсолютн., %		%
I	Палеткой	160	2,5	15,5	0,24	1,8
	Вертикальн. сечение	220	3,4	41,1	0,64	2,4
	Горизонтальн. сечение	239	3,7	44,5	0,70	2,5
II	Палеткой	141	2,8	13,6	0,27	2,0
	Вертикальн. сечение	193	3,8	35,0	0,70	2,7
	Горизонтальн. сечение	199	3,9	36,0	0,71	2,8

Так как на практике определение объема любым способом производится дважды, то ошибка среднего из двух определений принималась в $\sqrt{2}$ раза меньше погрешности одного определения. Полученные таким образом ошибки приведены в графе 7 табл. 2. С учетом всех определений (двух вариантов вместе) по каждому способу погрешности одного определения, среднего из n и среднего из двух даны в табл. 3.

Таблица 3

№№ п/п	Способ определения объема	Колич. определений	Погрешность, %		
			одного определения	среднего из n	среднего из 2-х
1	Объемной палетки	216	2,64	0,18	1,87
2	Вертикальн. сечения	60	3,58	0,46	2,54
3	Горизонтальн. сечения	60	3,80	0,49	2,70

Из табл. 2 и 3 следует, что наиболее точные результаты подсчета объема дает способ объемной палетки. Способы вертикальных и горизонтальных сечений дают примерно одинаковые результаты. Из таблиц также видно, что погрешность среднего из 2 определений по способу объемной палетки составляет примерно 2%. Способы вертикальных и горизонтальных сечений дают более грубые результаты, и эта погрешность находится в пределах 2,5 — 3%.

Качество определений объема может быть также охарактеризовано частотой появления ошибок различной величины и диапазоном их рассеивания. Такая характеристика приведена нами в табл. 4.

Из этой таблицы видно, что частота появления ошибок, одинаковых по величине для отдельных вариантов и способов, имеет достаточно близкое совпадение. Кроме того, из таблицы следует, что основная масса определений (80%) для способа объемной палетки имеет погрешность в пределах 3%, а для способов вертикальных и горизонтальных сечений эта величина колеблется в пределах 4 — 5%.

На основании табл. 4 (граф. 14, 15, 16) составлена таблица накопленной частоты появления ошибок (табл. 5).

В этой таблице для сравнения с фактической накопленной частотой приводится теоретически рассчитанная частота (графы 2, 4, 6). Сравнение теоретических данных с фактическими, прежде всего, подтверждает хорошее качество исходного материала, а также сделанные выше выводы из анализа табл. 4.

С целью выявления влияния величины окна палетки на результат подсчета объема были произведены определения объемов тех же отвалов при величине окна палетки 2×2 см. Всего при этом размере окна палетки было сделано 99 определений объемов. Из них: I вариант — 49, II вариант — 50. Средние значения объемов и средние ошибки одного определения по отклонениям от наиболее вероятного значения, принятого для I варианта 6413 м^3 и II — 5051 м^3 (средние для способа палетки при размере окна 1×1 см) приведены в табл. 6.

Сравнение данных табл. 2 и 6 показывает исключительно хорошее совпадение средних значений объемов и средних ошибок одного определения.

В табл. 7 приведено теоретическое и фактическое распределение ошибок (накопленная частота) для случая определения объема палеткой с размером окна 2×2 см.

Таблица 4

Погрешность объема, в %	I вариант						II вариант						Общее из двух вариантов		
	палетка		вертикальн. сечений		горизонтал. сечений		палетка		вертикальн. сечений		горизонтал. сечений		палетка	верт. сечен.	горизонт. сечен.
	число случ.	%	число случ.	%	число случ.	%	число случ.	%	число случ.	%	число случ.	%	%	%	%
0—1	44	41,2	8	27,6	4	13,9	47	43,1	6	19,3	8	25,8	42,0	23,4	20,0
1—2	30	28,2	7	24,1	5	17,3	23	21,1	9	29,0	9	29,0	24,5	26,7	23,4
2—3	15	14,0	5	17,3	5	17,3	15	13,8	4	12,9	1	3,2	13,9	15,0	10,0
3—4	7	6,5	3	10,3	3	10,3	10	9,2	3	9,7	4	12,9	7,9	10,0	11,6
4—5	6	5,6	1	3,5	8	27,6	3	2,8	5	16,1	3	9,7	4,2	10,0	18,4
5—6	2	1,8	1	3,5	2	6,8	7	6,4	—	—	—	—	4,2	1,6	3,3
6—7	—	—	2	6,8	2	6,8	1	0,9	1	3,2	3	9,7	0,5	5,0	8,4
7—8	—	—	2	6,8	—	—	1	0,9	1	3,2	1	3,2	0,5	5,0	1,6
8—10	3	2,9	—	—	—	—	2	1,8	2	6,5	2	6,5	2,3	3,3	3,3
	107	100	29	100	29	100	109	100	31	100	31	100	100	100	100

Таблица 5

Погрешность объема в %	Число случаев, в %					
	палетка		вертикальн. сечен.		горизонтальн. сечен.	
	теоретич.	фактич.	теоретич.	фактич.	теоретич.	фактич.
0—1	32,5	42,0	22,1	23,4	20,5	20,0
0—2	59,3	66,5	42,5	50,1	40,4	43,4
0—3	78,9	80,4	59,9	65,1	57,0	53,4
0—4	90,5	88,3	73,7	75,1	70,6	65,0
0—5	96,2	92,5	83,9	85,1	81,3	83,4
0—6	98,8	96,7	90,5	86,7	88,6	86,7
0—7	99,6	97,2	94,9	91,7	93,4	95,1
0—8	99,9	97,7	97,4	96,7	96,4	96,7
0—10	100,0	100,0	99,5	100,0	99,2	100,0

Таблица 6

Варианты	Колич. определенных	Среднее значение объема м ³	Отклонения среднего от наиболее вероятного значения		Погрешность одного определения по отклонениям от наиболее вероятного значения	
			абсол. м ³	%	абсол. м ³	%
I	49	6364	49	0,7	167	2,5
I	50	5008	43	0,8	137	2,7

Таблица 7

Погрешность объема, в %	Число случаев, %	
	теоретически	фактически
0—1	30,4	27,3
0—2	56,5	61,5
0—3	75,4	77,8
0—4	87,9	86,0
0—5	94,8	95,0
0—6	98,0	98,0
0—7	99,3	100,0

Данные табл. 7 говорят о хорошей сходимости теоретического и фактического распределения ошибок, а также о том, что для основной массы определений объемов (78%) величина ошибки не превышает 3% и что предельная погрешность не превышает утроенной средней.

Все это показывает, что для данной формы отвала размер окна палетки 2×2 см вполне допустим, так как обеспечивает ту же точность определения объема, что и палетка с размером окна 1×1 см, сокращая при этом объем работы в 4 раза.

Выводы

Приведенные выше исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Способ объемной палетки, хотя и более трудоемкий в сравнении с другими исследуемыми способами, обеспечивает лучшие результаты определения объема, так как погрешность основной массы определений (80%) не превышает 3%.

2. Способы вертикальных и горизонтальных сечений можно считать равноточными. Эти способы дают более грубые результаты, чем способ объемной палетки. Погрешность определения объема для основной массы случаев (83 — 85%) не превышает 5%.

3. В связи с разнообразием форм отвалов, размеры окна объемной палетки не могут быть заданы заранее. Оптимальные размеры его должны устанавливаться опытным путем для каждого предприятия отдельно с учетом установившейся формы отвала.

4. По данным ВНИМИ [1], при мензурной съемке отвала в масштабе 1:500 (объемом от 3000 до 6000 м³) погрешность определения объема составляет $\pm 3,5\%$, в случае тахеометрической съемки $\pm 4\%$. Указанные погрешности являются общими и включают погрешности полевых измерений, составление графических материалов и погрешность способа подсчета.

Исключив из общей погрешности погрешность подсчета способом объемной палетки, составляющую по нашим данным в среднем 2%, найдем, что погрешность определения объема за счет полевых измерений и составления графического материала не должна превышать 2,9% при мензурной и 3,5% при тахеометрической съемках. Полученные данные позволяют наиболее рационально планировать полевые и графические работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по маркшейдерскому делу. Углетехиздат, 1955.
-